

Alexi Uosukainen

MURSKAINELEMENTIN VOIMANSIIRTO

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2017

MURSKAINELEMENTIN VOIMANSIIRTO

Uosukainen, Aleksi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2017
Ohjaaja: Teinilä, Teuvo
Sivumäärä: 24
Liitteitä: 0

Asiasanat: murskaimet, murskeet, voimansiirto

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ja mitoitettiin murskainelementin voimansiirtokomponentteja. Komponentteja olivat voimanlähde, kiilahihnat, hihnapyörät ja akseli. Jokaiselle komponentille tehtiin omat tarkastelut ja mitoitukset. Mitoituksessa otettiin huomioon komponentteihin vaikuttavat voimat ja ulkopuolisten tekijöiden vaikutus. Komponenttien valinnassa otettiin huomioon niiden toimivuus, huollettavuus ja kustannustehokkuus.

Opinnäytetyön tuloksina saatiin mitoitettua voimansiirtokomponenteille tarvittavat mitat ja tiedot. Tulokset toimivat perustana komponenttien hankinnoille.

POWER TRANSMISSION OF THE CRUSHER UNIT

Uosukainen, Aleksi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

November 2017

Supervisor: Teinilä, Teuvo

Number of pages: 24

Appendices: 0

Keywords: crushers, crushed stones, transmission, design

The purpose of this thesis was to research and size components of power transmission to a crusher unit. The components were a power source, V belts, belt pulleys and shaft. Dissertation and sizing has been made for every component separately. In sizing, applied forces and effects of the external factors were taken into account. The selection of the components was made by paying attention to practicality, serviceability and cost-effectiveness.

The results of the thesis were specifications and dimensions for every components of power transmission. The results serve as a basis for purchasing of the components.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Toimeksiantajan esittely	5
1.2	Työn tavoite	5
1.3	Työn rajaus.....	5
2	YLEISIMMÄT MURSKAINELEMENTIT	6
2.1	Murskeet	6
2.2	Murskainelementtityyppejä.....	7
3	VOIMANSIIRTOKOMPONENTIT	10
3.1	Voimanlähde	10
3.2	Kiilahihnat.....	10
3.3	Hihnapyörät.....	11
3.4	Akseli	11
4	ULKOPUOLISTEN TEKIJÖIDEN VAIKUTUS.....	12
4.1	Sää.....	12
4.2	Pöly	13
4.3	Syöte	14
5	MITOITUS	15
5.1	Voimanlähde	15
5.2	Kiilahihna.....	16
5.2.1	Käyttökerroin	16
5.2.2	Suunnitteluteho.....	16
5.2.3	Oikean hihnaprofiilin valinta.....	17
5.2.4	Välityssuhde	18
5.2.5	Hihnapyörän jakohalkaisija	18
5.2.6	Hihnanopeuden laskeminen.....	18
5.2.7	Akselivälin ja hihnan valinta	19
5.2.8	Vaadittavien hihnojen lukumäärä.....	19
5.3	Hihnapyörät.....	20
5.4	Akseli	20
5.5	Tulosten analysointi	21
6	YHTEENVETO	23
	LÄHTEET	24

1 JOHDANTO

1.1 Toimeksiantajan esittely

Tämä opinnäytetyö tehtiin Tarufin Oy:lle. Tarufin Oy on vuonna 2006 perustettu perheyritys, joka on erikoistunut kierrätys- ja kiviainestuoannossa käytettävien koneiden ja laitteiden vuokraamiseen, myyntiin ja huoltoon. Tarufin Oy:n toimitilat sijaitsevat Nokialla.(Tarufinin www-sivut, 2017.) Tarufinin liikevaihto maaliskuussa 2017 oli 468 000 euroa ja maaliskuussa 2016 se oli 401 000 euroa.(Finderin www-sivut, 2017).

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja mitoittaa voimansiirtokomponentit murskainelementille. Komponentit mitoitetaan kestäämään murskausprosessin vaatimat voimat ja olosuhteet. Komponenteista muodostettavan kokonaisuuden tulee olla toimiva, kestävä, helposti huollettava ja kustannustehokas.

1.3 Työn rajaus

Työn rajaus kohdistuu murskainelementin voimansiirtoon. Käsiteltävät komponentit rajataan voimanlähteestä käyttökohteen akseliin. Käsiteltäviä komponentteja ovat voimanlähde, kiilahihnat, hihnapyörät sekä akseli. Jokaiselle komponentille laskeaan erikseen tarvittavat tehot ja ominaisuudet. Lähtötietoina työtoimeksiantajalta on annettu haluttu käytettävän akselin pyörimisnopeus, akselin ja voimanlähteen välinen pituus sekä akselin halkaisija.

2 YLEISIMMÄT MURSKAINELEMENTIT

Murskainelementti murskaa siihen syötettävän syötteen lopputuotteeksi eli murskeeksi. Murskainlaitoksia ja elementtejä on erilaisia, riippuen niiden käyttökohteesta ja murskattavasta materiaalista. Kiven ja betonin murskauksessa yleisimmin käytetään joko leukamurskainta, iskupalkkimurskainta, karamurskainta tai valssimurskainta. Merkittävimpinä tekijöinä murskainelementin valintaan vaikuttaa syötteen materiaali ja murskaimen kapasiteetti eli kuinka paljon valmista mursketta tuotetaan tunnissa(t/h).

2.1 Murskeet

Mursketta voidaan valmistaa monesta erilaisesta materiaalista kuten kivistä, betonista, puusta, lasista tai jätteestä. Murskeiden käyttö on monimuotoista, tunnetusti murskeita käytetään rakennusten ja teiden pohjamateriaaleina. Kivimurske ja betonimurske ovat yleisimpiä käytettäviä murskeita. Betonimurske valmistetaan usein rakennusten purkujätteestä, tämän takia betonimurskeen puhdistamiseen tarvitaan enemmän resursseja kuin kivimurskeen puhdistamiseen. Betonin kierrätys on ollut kasvussa 2000-luvulla. Betonimursketta voidaan käyttää kivimurskeen tavoin maanrakennuksessa (Törmänen 2014.). Kuvassa 1 on kalliosta murskattua mursketta, jossa on 0-90mm kokoista mursketta.

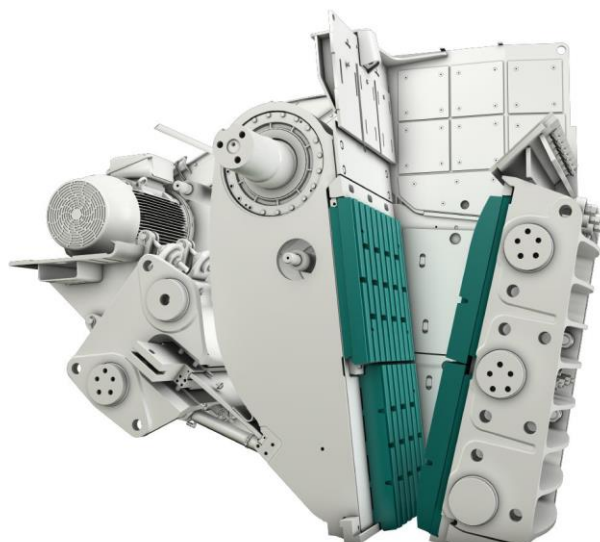


Kuva 1. Kalliosta murskattu kiviaines (Ruduksen www-sivut)

2.2 Murskainelementtityyppejä

Leukamurskain, iskupalkkimurskain, karamurskain ja valssimurskain toimivat eri tavoin ja käyttävät materiaalin murskaukseen erilaisia tapoja. Murskattavalla materiaalilla on suuri merkitys murskainelementin valintaan. Eri murskainelementtityyppejä voidaan käyttää murskainprosessin eri vaiheissa. Murskausprosessin eri vaiheiden määrä riippuu halutun lopputuotteen koosta, koska yhdellä murskainelementillä ei ole taloudellista eikä aina edes mahdollista murskata syötettä tarpeeksi pieneksi.

Leukamurskainta käytetään pääosin murskausprosessin alkuvaiheessa, koska leukamurskaimella ei pysty tuottamaan pientä mursketta. Leukamurskain käyttää materiaalin murskaukseen puristavaa voimaa. Tämän takia leukamurskain soveltuu pääosin kiven ja betonin murskaukseen. Leukamurskain tuottaa murskaukseen vaadittavan liike-energian epäkeskoakselilla. Kuvassa 2 on Metson leukamurskain. Metso kuuluu murskain alan johtaviin teollisuusyrityksiin.(Metson [www-sivut](http://www-metso.com)).



Kuva 2. Nordberg C130-leukamurskain (Metson [www-sivut](http://www-metso.com).)

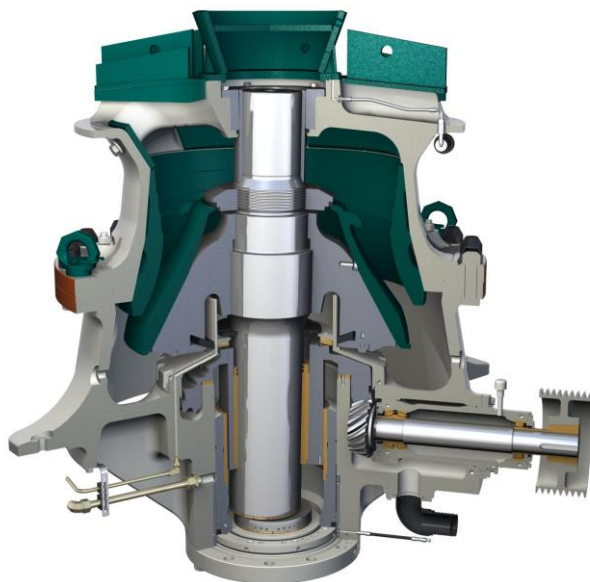
Iskupalkkimurskainta voi käyttää murskausprosessin alku- tai loppuvaiheessa. Halutun lopputuotteen kokoon voi iskupalkkimurskaimella vaikuttaa suuresti, sen laajan säätöalueen takia. Iskupalkkimurskain käyttää materiaalin murskaukseen iskevää ja

leikkaavaa voimaa. Iskupalkkimurskain soveltuu leukamurskaimen tavoin pääosin kiven ja betoni murskaukseen. Kuvassa 3 on Metson iskupalkkimurskain.



Kuva 3. Nordberg NP15 iskupalkkimurskain (Metson www-sivut)

Karamurskainta voidaan käyttää myös murskausprosessin alku-tai loppuvaiheessa. Karamurskaimen käyttö prosessin loppuvaiheessa on kuitenkin yleisempää kuin alkuvaiheessa. Karamurskain käyttää puristusvoimaa materiaalin murskaukseen. Karamurskain saa murskausvoimansa leukamurskaimen tavoin epäkeskisestä liikkeestä. Erona leukamurskaimeen karamurskaimissa epäkeskinen liike tapahtuu pystysuunnassa olevan akselin mukaan. Karamurskain soveltuu myös kiven ja betonin murskaukseen. Betoninmurskauksessa karamurskaimen käyttö on tarkkaa, koska karamurskain vaurioituu herkästi, jos syötössä on epäpuhtauksia kuten rautaa tai puuta. Kuvassa 4 on Metson karamurskaimen rakennetta.



Kuva 4. Norberg GP-sarjan karamurskain (Metson [www-sivut](http://www.metson.com))

Valssimurskain soveltuu monen tyyppiseen murskaukseen. Kiven ja betonin murskauksessa valssimurskaimen käyttö ei ole tyypillistä. Valssimurskaimella murskataan puuta, metallia, jätettä tai muita pehmeitä materiaaleja. Valssimurskaimissa on vaakatasossa pyöriviä akseleita jotka repivät, puristavat ja leikkaavat materiaalin murskeeksi. Valssimurskaimia on erilaisia ja niissä voi olla eri määrä pyöriviä akseleita. Valssimurskaimia voi olla hidas tai nopeapyöriväisiä. Kuvassa 5 on Doppstadtin hidaspyöriväinen valssimurskain, jossa on yksi pyörivä akseli.



Kuva 5. Doppstadtin murskain (Doppstadtin [www-sivut](http://www.doppstadt.com))

3 VOIMANSIIRTOKOMPONENTIT

3.1 Voimanlähde

Voimanlähteenä murskainelementille voidaan käyttää sähkömoottoria, hydraulikkamoottoria tai polttomoottoria. Voimanlähteen valintaan vaikuttaa tehon tarve, murskainkokonaisuuden tekniikka ja tilantarve. Sähkömoottori ja hydraulikkamoottori ovat pienempiä ja kevyempiä kuin polttomoottori. Tämän takia niiden sijoittaminen lähelle murskainelementtiä on helpompaa ja yksinkertaisempaa kuin polttomoottorin.

Tässä työssä voimanlähteeksi valitaan sähkömoottori, koska sillä saadaan aikaan nopea ja tasainen teho. Sähkömoottorien valmistajia on monia maailmassa, joista yksi tunnetuimmista on ABB. Kuvassa 6 on esitetty ABB:n valmistama sähkömoottorityyppi, jota valmistetaan tehoalueelle 75–355 kW.



Kuva 6. ABB:n sähkömoottori (ABB:n [www-sivut](http://www.abb.com))

3.2 Kiilahihnat

Sähkömoottorin antama teho ja pyörimisnopeus siirtyvät murskainelementille hihnavedolla. Hihnakäyttö valitaan tehonsiirtäjäksi sen etujen sekä rakenteellisten vaikutusten vuoksi. Hihnakäytön etuihin kuuluvat muun muassa seuraavat asiat:

- akseliväli voi olla suuri
- akseliväli voi olla epätarkka
- rakenne on yksinkertainen ja edullinen
- hihna vaimentaa nykäyksiä ja iskuja
- hihna luistaa kuormituksen ollessa liian suuri
- huolto on helppo ja edullinen
- käyntiäänät ovat hiljaisia
- asennus on nopea
- hyötysuhde on hyvä

Hihnamalliksi valitaan kiilahihna, koska kiilahihnan ryömintä ja luisto ovat pieniä. Kiilahihnat kuormittavat laakereita vähän ja niiden tilantarve on pienempi kuin latta-hihnalla, koska hihna kiilautuu pyörää vastaan, jolloin kitkavoima tulee suureksi lie-välläkin kiristyksellä ja pienellä kosketuskulmalla. (Wuolijoki 1972, 60–61.)

3.3 Hihnapyörät

Hihnapyörät valmistetaan valuraudasta, teräsvalusta, teräksestä, kevytmetallista, puusta tai jostakin tekoaineesta, kuten muovista. Murskainelementeissä hihnapyörät ovat raskasrakenteisia suuren hitausmomentin saamiseksi. Suuri hitausmomentti ta-soittaa käynnin huojumista ja siten hihnan kuormitusta. Hihnapyörien halkaisijat mi-toitetaan pyörimisnopeuden mukaan. Hihnapyörien halkaisijoita ei ole Suomessa standardoitu, mutta niille on olemassa kuitenkin DIN-normien mukaiset koot. (Wuolijoki 1972, 77–79.)

3.4 Akseli

Murskainelementissä akselin tulee olla kestävä. Akseliin kohdistuu suuri momentti ja suuria ulkoisia voimia. Murskainelementeissä onkin usein suurella halkaisijalla ole-via akseleita. Myös akselin materiaali tulee olla kestävä, koska akselin hajoamisesta voi koitua suuria vahinkoja ympäristölle sen suuren liike-energian vuoksi. Akselin materiaalina käytetään yleensä nuorrutettua terästä. Nuorrutuksessa yhdistetään te-räksen lujuus-ja sitkeysominaisuuksia. (Niemi 2010, 14).

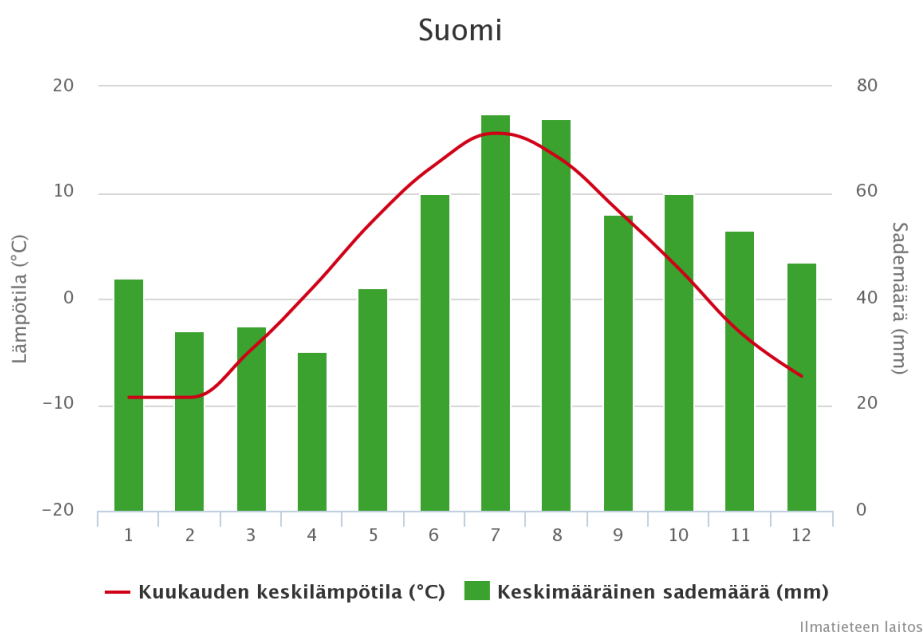
4 ULKOPUOLISTEN TEKIJÖIDEN VAIKUTUS

Ulkopuolisilla tekijöillä on suuri vaikutus murskainelementin komponenttien valintaan, koska murskainelementit ovat suunniteltu useimmiten ulkokäyttöön. Ulkopuoliset tekijät vaikuttavat komponenttien kulumiseen ja kulutuskestävyyteen. Tämän takia ulkopuoliset tekijät tulee ottaa huomioon jokaisessa suunnittelun vaiheessa.

Tässä työssä ulkopuolisista tekijöistä otetaan huomioon sää, pöly ja syötteen vaikutus. Nämä tekijät vaikuttavat kaikkiin voimansiirtokomponentteihin eri tavoin. Ulkona käytettävät laitteet tulee olla sään kestäviä. Kosteuteen ja lämpötiloihin ei ulkoikäytössä pysty vaikuttamaan. Pölyn ja syötteen vaikutukseen pystytään osittain vaikuttamaan, mutta kaikkia näiden vaikutuksia ei pystytä kokonaan kontrolloimaan.

4.1 Sää

Sää on Suomessa erittäin vaihtelevaa. Kuvassa 7 on esitetty Suomen keskilämpötilan ja sademäärän keskiarvoja. Keskilämpötila vaihtelee noin 25 °C vuoden aikana ja keskimääräinen sademäärä on suurimmillaan yli 70 millimetriä kuukaudessa.



Kuva 7. Suomen kuukausittainen keskilämpötila ja sademäärän keskiarvo jaksolla 1981–2010 (Ilmatieteenlaitoksen www-sivut)

Suuret sademäärät vaikuttavat komponenttien suojaukseen säältä. Kriittisin voimansiirtokomponentti, joka pitää suojata säältä, on voimanlähde, koska voimanlähteenä toimii sähkömoottori. Sähkömoottorit sisältävät herkkiä sähköllä toimivia komponentteja, joita kosteus saattaa vaurioittaa.

Kiilahihnojen kulumiseen on säällä myös vaikutusta. Vesi, jää sekä suuret lämpötilavaihtelut vaikuttavat kiilahihnojen kestoikään. Kiilahihnat ja hihnapyörät suojataan usein esimerkiksi kotelolla. Nykyään kiilahihnat valmistetaan materiaaleista, jotka kestävät hyvin kosteutta ja kuumuutta, mutta stabiileissa sääolosuhteissa kiilahihnojen kuluminen olisi tasaisempaa kuin muuttuvassa ulkoilmassa.

4.2 Pöly

Kiven ja betonin murskauksessa syntyy aina pölyä, kun materiaalia murskataan tai sitä siirretään. Pöly on koko murskainprosessin suurimpia haittatekijöitä ympäristölle sekä murskainelementin komponenteille. Pölyn määrää pystyy ennaltaehkäisemään kostuttamalla syötettävää materiaalia eli syötettä tai käyttämällä pölynsidontajärjestelmää. Pölynsidontajärjestelmät sitovat murskauksesta tulevaa pölyä murskausprosessin aikana. Kuvassa 8 on esimerkki pölynsidontajärjestelmästä.



Kuva 8. Mist-air pölynsidonta järjestelmä (Mist-airin [www-sivut](http://www.sivut))

Pienet pölyhiukkaset voivat tunkeutua pienistäkin raoista ja tiivisteiden väleistä komponentteihin ja kuluttaa niitä. Sähkömoottori ja laakerit ovat pölylle kriittisimpiä komponentteja. Murskainelementin ollessa käynnissä, kiilahihnat ja hihnapyörät pyöriivät niin suurella nopeudella ettei pöly pääse juurikaan vaikuttamaan niiden kulumiseen.

4.3 Syöte

Syöte eli syötettävä materiaali on olennainen osa murskainelementin kulutusosien kestävyyttä. Syöte vaikuttaa suoranaisesti voimansiirtokomponentteihin, koska tarvittava murskausvoima voi vaihdella merkittävästi syötteen takia. Syötteen esikäsittely on tärkeää, jotta syöte olisi mahdollisimman tasalaatuista. Betonin esikäsittely on erityisen tärkeää, sillä murskattava betoni on yleensä peräisin rakennusjätteestä. Tämän takia betoni sisältää usein paljon rautaa, jota käytetään betonirakenteissa. Syötteen esikäsittelyssä on myös mahdollista kustuttaa murskattavaa materiaalia ja näin ollen vähentää syntyvän pölyn määrää.

Syötteen hyvä esikäsittely vaikuttaa voimansiirtokomponenttien kestävyYTEEN suoraan. Syötteessä olevan aineksen suuret kokoerot lisäävät murskauksessa tarvittavaa voimaa ja sen epätasaisuutta. Vaadittavien voimien epätasaisuutta pystytään tasoittamaan suurilla hihnapyörillä ja niiden hitausmomenteilla. Syötteen ollessa tasalaatuista, voimanlähteen tuottama teho pysyy koko ajan stabiilina ja näin ollen voimansiirrosta saadaan paras mahdollinen hyöty.

5 MITOITUS

Voimansiirtokomponenttien mitoituksessa pitää ottaa huomioon murskainelementin rakenne, vaadittavat voimat ja ulkopuolistentekijöiden vaikutus. Murskainelementin rakenteesta on lähtötietona käytettävän akselin ja käyttävän akselin välinen pituus (1050 mm). Vaadittavat voimat ovat vaikeasti laskettavissa, koska murskattavaa materiaalia ja sen koostumusta ei tarkasti tiedetä. Komponenttien valinnoissa käytetään hyödyksi opinnäytetyön toimeksiantajan arvioita tarvittavasta murskausvoimasta. Komponentit valitaan niin, että ne soveltuvat ulkopuolisten tekijöiden aiheuttamiin negatiivisiin vaikutuksiin mahdollisimman hyvin.

5.1 Voimanlähde

Voimanlähteeksi valitaan teholtaan 75 kW ja pyörimisnopeudeltaan 750 r/min oleva sähkömoottori. Sähkömoottoriksi valitaan valurautarunkoinen moottori. Sähkömoottorin kiinnitystapa on jalkakiinnitteinen. (Pienjännitteiset vakio moottori 2004, 126.) Moottorin ei tarvitse kestää suuria lämpötiloja, mutta vaihtelevan sään lämpötila- ja kosteuserot moottorin tulee kestää. Voimanlähde suojataan osaksi suojakotelolla, mutta moottorin tarvitsema jäähdytysilma täytyy ottaa huomioon kotelon suunnittelussa. Suojakotelo suojaa moottoria ulkopuolisilta tekijöiltä, kuten murskainproses- sissa syntyvältä pölyltä sekä vesi- ja lumisateelta.

Sähkömoottorin käyttöjännite tulee olla 400 V ja taajuus 50 Hz (Pienjännitteiset vakio moottorit 2004, 126). Tämä jännite ja taajuus ovat tyypillinen Suomessa ja Euroopassa. Sähkömoottorin ulostuloakseli määräytyy moottorin toimittajan mukaan. Ulostuloakselissa tulee olla kiilaura, jotta pienempi hihnapyörä pystytään kiinnittämään sähkömoottorin akseliin kestävästi.

5.2 Kiilahihna

Kiilahihnan mitoituksessa ja valinnassa käytetään apuna Gates hihnavalmistajan suunnitteluopasta. Hihnavalinnassa käytetään 8 erivaihetta: (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 24–30.)

1. Käyttökerroin
2. Suunnitteluteho
3. Oikean hihnaprofiilin valinta
4. Välityssuhde
5. Hihnapyörän jakohalkaisija
6. Hihnanopeuden laskeminen
7. Akselivälin ja hihnan valinta
8. Vaadittava hihnojen/harjojen lukumäärä

5.2.1 Käyttökerroin

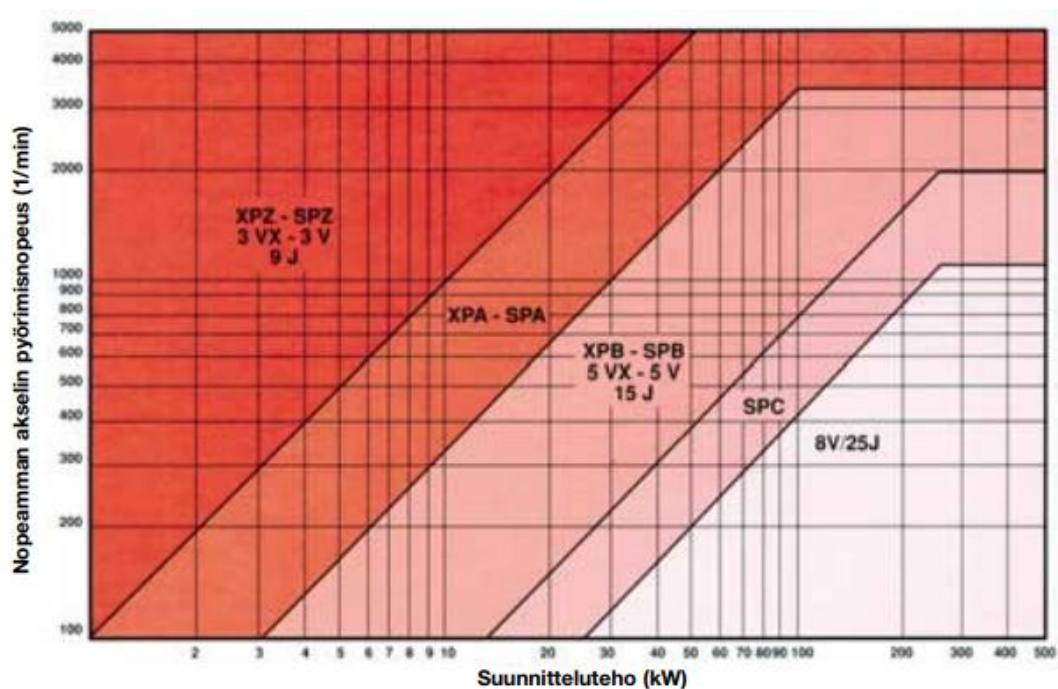
Murskainelementin käyttöajaksi arvioidaan 8-16 h/vrk. Voimanlähteeksi valitulla sähkömoottorilla murskainelementin käyttökertoimeksi valitaan 1,4. Tämä käyttökerroin soveltuu raskaasti kuormitetuille koneille, joiden voimanlähteenä on vaihtovirralla toimiva oikosulkumoottori. (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 24.)

5.2.2 Suunnitteluteho

Suunnitteluteho lasketaan kertomalla käyttökerroin vaadittavalla teholla. Koska tarkka vaadittava teho on mahdotonta laskea, käytetään vaadittavana tehona voimanlähteen eli käyttävän koneen tehoa. Suunnitteluteho saadaan kertomalla käyttökerroin käyttävän koneen teholla. Näin ollen suunnitteluteho on $1.4 \times 75 \text{ kW} = 105 \text{ kW}$. (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 25.)

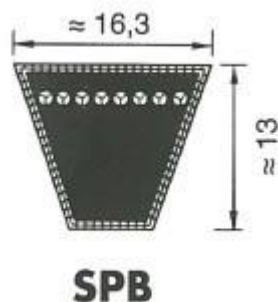
5.2.3 Oikean hihnaprofiilin valinta

Oikean hihnaprofiiliin määräävät nopeamman akselin pyörimisnopeus ja suunnitteluteho. Kuvassa 9 on hihnavalmistajan taulukko, mistä valitaan sopiva hihnaprofiili nopeamman akselin pyörimisnopeuden ja suunnittelutehon avulla.



Kuva 9. Oikean hihnaprofiilin valinta (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 26.).

Oikeaksi hihnaprofiiliksi valitaan taulukon mukaan SPB kiilahihna. SPB hihnaprofiili on suosittu ja sen käyttölämpötila on $-30 - +70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kuvassa 10 on SPB hihnaprofiilin leikkauskuva.



Kuva 10. SPB hihnaprofiili (Etran www-sivut).

5.2.4 Välityssuhde

Välityssuhde lasketaan kaavalla:

$$\text{Välityssuhde} = \frac{\text{Nopeamman akselin pyörimisnopeus}}{\text{Hitaamman akselin pyörimisnopeus}} \quad (1)$$

Nopeamman akselin pyörimisnopeus on sähkömoottorin pyörimisnopeus eli 750 r/min. Hitaamman akselin pyörimisnopeudeksi on annettu 100–150 r/min. Joten laskennassa käytettäväksi arvoksi valitaan keskiarvo näistä eli 125 r/min. (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 30.)

Välityssuhteeksi saadaan tällöin $\frac{750}{125} = 6$.

5.2.5 Hihnapyörän jakohalkaisija

Käytettävän akselin hihnapyörän halkaisijana käytetään annettua 900 mm. Välityssuhteen ollessa kuusi, tulee käytettävän akselin hihnapyörän halkaisijan olla 150 mm. Jakohalkaisijan kokoon vaikuttaa hihnan tyyppi. Hihnaksi valittiin SPB mallin hihna, joten jakohalkaisija saamiseksi vähennetään molemmista halkaisijoista seitsemän yksikköä. (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 30.)

Käytettävän akselin hihnapyörän jakohalkaisijaksi tulee:

$$d_1 = 900 - 7 = 893 \text{ mm}$$

Käytettävän akselin hihnapyörän jakohalkaisijaksi tulee:

$$d_2 = 150 - 7 = 143 \text{ mm}$$

5.2.6 Hihnanopeuden laskeminen

Hihnan nopeus lasketaan kaavalla: (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 30).

$$V = \frac{d \times n}{19100} \quad (2)$$

V = hihnan nopeus (m/s)

d = hihnapyörän jakohalkaisija

n = saman hihnapyörän pyörimisnopeus (r/min)

Hihnan nopeus lasketaan suuremman hihnapyörän arvoja käyttämällä.

$$V = \frac{900 \times 125}{19100} = 5.89 \approx 5.9 \text{ (m/s)} \quad (3)$$

Hihnanopeus on pieni johtuen suuresta hihnapyörän halkaisijasta ja pienestä pyörimisnopeudesta. Hyötysuhde ei tällöin ole kovin korkea, koska siirrettävä teho on suuri. Sähkömoottorin pyörimisnopeus saattaa myös vaihdella kuormituksen ja jännitteen mukaan, joten saatu hihnanopeuden arvo ei käytännössä toteudu koko aikaa.

5.2.7 Akselivälin ja hihnan valinta

Akseliväli on ennalta määritetty ja se on 1050 mm. Kiilahihnan laskentapituus saadaan kaavasta:

$$Pituus = 2 \times askeliväli + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \times akseliväli} \quad (4)$$

D = Suuremman pyörän jakohalkaisija (mm)

d = pienemmän pyörän jakohalkaisija (mm)

Tällä kaavalla hihnan pituudeksi saadaan:

$$= 2 \times 1050 + 1,57(890,4 + 140,4) + \frac{(890,4 - 140,4)^2}{4 \times 1050} = 3852 \text{ mm}$$

Hihnamallia SPB on saatavilla 3750 mm ja 4000 mm pituisina. Todellinen akseliväli 3750 mm pitkällä hihnalla olisi 995 mm ja 4000 mm pitkällä hihnalla 1127 mm. Näistä valitaan 4000 mm pitkä hihna, koska akseliväliä ei voida pienentää. (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 31.)

5.2.8 Vaadittavien hihnojen lukumäärä

Vaadittavien kiilahihnojen lukumäärä selvitetään hihnojen valmistajan antamista taulukoista SPB hihnatyypille. Hihnojen lukumääräksi saadaan 4.7 eli vaadittava hihnojen lukumäärä on 5. Gatesin SPB hihnojen vaadittavaksi lukumääräksi tulee viisi. (Kiilahihnakäytön suunnitteluopas, 33.)

5.3 Hihnapyörät

Hihnapyöriä tarvitaan kaksi kappaletta, käytävälle ja käytettävälle akselille. Hihnapyörien koot tulivat esille kiilahihnan laskennassa, eli käytettävän pyörän halkaisija on 900 mm ja käytävän pyörän halkaisija on 150 mm. Hihnapyörät valmistetaan valuraudasta. Molempiin pyöriin tarvitsee koneistaa ulkokehälle kiilahihnan vaatimat urat, sekä sisäreikä akselille.

Suuremman hihnapyörän muotoilussa tulee ottaa huomioon pyörän massa, kestävyys sekä ulkomuoto. Hihnapyörän massalla on suuri merkitys murskainelementin akseliin, koska hihnapyörällä saatu pyörimisnopeus ja hitausmomentti kohdistuvat suoraan siihen. Hihnapyörän tulee olla kestävä, koska sen suuren halkaisijan vuoksi momentti akselin keskipisteessä kasvaa. Hihnapyörän tulee siis kestää sekä kiilahihnoista tuleva teho että murskauksen aiheuttamat epätasaiset voimat. Hihnapyörä on massiivinen ja näkyvä, joten sen ulkomuoto tulee olla edustava ja muuhun murskaimen muotoiluun yhtenevä. Pienempi hihnapyörä on kooltaan pienempi kuin suurempi pyörä, joten sen ulkomuotoilu ei ole niin merkittävää kuin suuremman.

Hihnapyörät kiinnitetään akseliin kiilaliitoksilla. Pienempi hihnapyörä kiinnitetään sähkömoottoriin yhdellä kiilalla. Akseli liitosta voidaan vahvistaa vielä liiman avulla. Suurempi hihnapyörä kiinnitetään käytettävään akseliin neljällä tasakiilalla, koska akselin ja pyörän välinen liitos täytyy kestää enemmän voimia kuin pienemmän akselin liitos.

5.4 Akseli

Murskainelementin akselin materiaaliksi valitaan nuorrutettu teräs. Nuorrutetun teräksen ansiosta akselistä saadaan tarpeeksi luja kestäväksi murskauksesta aiheutuvia suuria voimia. Akselin tulee olla kestävä, koska akselin vaihtaminen on haastavaa sen sijainnin vuoksi. Tämän takia materiaalin valinta ja akselin geometria tarkka suunnittelu on tärkeää.

Murskainelementin akselin tulee olla halkaisijaltaan suuri. Suuremman hihnapyörän kiinnitys kohdassa akselin halkaisija on 300 mm. Akselin tarkka pituus ei ole tiedossa, mutta se tulee olemaan 1800–2500 mm välillä. Akselin ulostulopäähän koneistetaan tasakiiloille urat, jotta kiilaliitoksen asennus akselin ja hihnapyörän väliin onnistuisi. Akseli valmistetaan umpiaineksesta sorvaamalla tarkkoihin mittoihin.

5.5 Tulosten analysointi

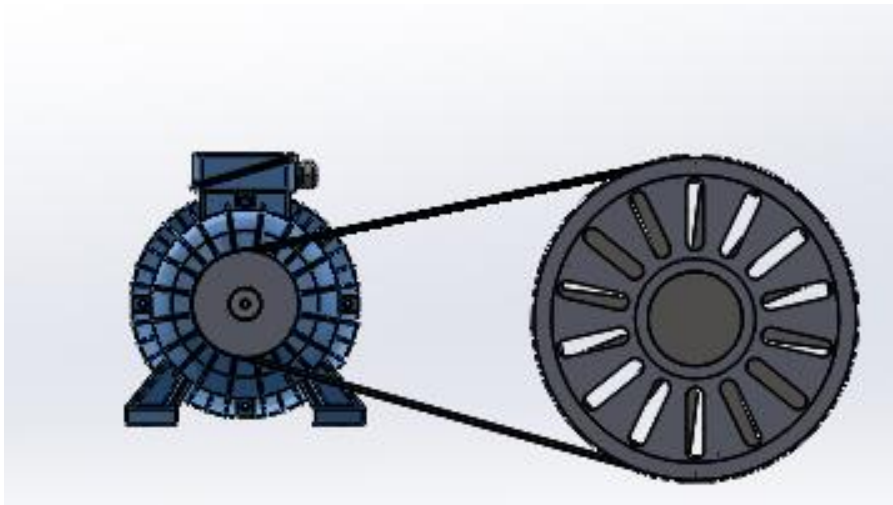
Laskennassa saadut tulokset ovat tyypillisiä murskainelementeille. Murskaus vaatii paljon voimia joten valittujen komponenttien koot ovat massiivisia. Alla olevassa taulukossa on kerätty komponenttien tärkeimmät tiedot.

Taulukko 1. Laskennassa saadut tulokset.

Komponentit	Materiaalit ja määrät	Tekniset tiedot
Voimanlähde	Valurauta runkoinen sähkömoottori	Teho 75kW, pyörimisnopeus 750 r/min ja käyttö jännite 400v.
Kiilahihna	Viisi kappaletta SPB kiilahihnoja.	Pituus 4000mm, hihnanno-peus 5.9 m/s.
Hihnapyörät	Kaksi kappaletta valuraudasta valmistettavia hihnapyöriä.	Suuremman hihnapyörän halkaisija 900mm ja pienemmän hihnapyörän halkaisija 150mm.
Akseli	Nuorrutusteräksestä valmistettava akseli.	Akselin ulostulo halkaisija 300mm, pyörimisnopeus 125 r/min.

Valitut komponentit mallinnettiin tietokoneelle 3D-ohjelmalla. Mallintaminen hyödyttää komponenttien tilantarpeen huomioimista ja niiden tarkkaa sijoittelua. Voimanlähteelle ja akselille tarvittavat kiinnitys kohdat pystytään mitoittamaan tarkasti ja ottamaan huomioon murskainelementin rungon suunnittelussa. Kuvassa 11 on ku-

vattu komponentit niille saaduilla mitoilla ja tiedoilla. Murskainelementin muita komponentteja ja rungon osia ei ole kuvaan mallinnettu.



Kuva 11. 3D-ohjelmalla mallinnetut komponentit

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä mitoitettiin ja tutkittiin tarvittavia voimansiirtokomponentteja murskainelementille. Opinnäytetyön mitoituksissa lähtöarvoina käytettiin toimeksiantajalta saatuja arvoja. Saadut arvot olivat suuntaa antavia, mutta niissä jätettiin tarkempi mitoitus ja laskenta työn kirjoittajalle. Saadut tulokset ovat tyypillisiä saman kokoluokan murskainelementeille.

Opinnäytetyön haastavuutta lisäsivät murskausvoimien epätarkat lähtöarvot ja työn rajaus. Työn rajauksesta oli sovittu toimeksiantajan kanssa, tämän takia muita murskainelementin komponentteja ei käsitelty tässä työssä. Saatuja tuloksia voidaan soveltaa tulevien komponenttien hankintaan.

LÄHTEET

Doppstadtin www-sivut. Viitattu 9.11.2017. <https://doppstadt.de/en/>

Etran www-sivut. Viitattu 31.10.2017. <http://www.etra.fi/>

Finderin www-sivut. Viitattu 28.10.2017. <https://www.finder.fi/>

Ilmatieteenlaitoksen www-sivut. Viitattu 21.10.2017. <http://ilmatieteenlaitos.fi/>

Kiilahihnakäytön suunnitteluopas. Vantaa. Gates Rubber Company. Viitattu 22.7.2017.

<http://www.industriacenter.fi/cms/tiedostot/tiedostopankki/Kiilahihnak%C3%A4yt%C3%B6n%20suunnitteluopas%20esite1023250.pdf>

Metson www-sivut. Viitattu 8.11.2017. <http://www.metso.com/fi/>

Mist-airin www-sivut. Viitattu 8.11.2017. <http://www.mist-air.co.uk/>

Niemi, P. 2010. Lämpökäsittely, Jälkikäsittelytekniikka. ValuAtlas & Tampereen ammattiopisto. Viitattu 8.11.2017. <http://www.valuatlas.fi/>

Pienjännitteiset vakiomoottorit. 2004. ABB Pienjännitemoottorit/ Esite BU/ Vakio-moottorit. Viitattu 10.6.2017.

<https://library.e.abb.com/public/f99be400a43336a8c1257b130056f076/Drive%20IT%20pienjannitteiset%20vakiomoottorit%20FI%2010-2004.pdf>

Ruduksen www-sivut. Viitattu 8.11.2017. <http://www.rudus.fi/>

Tarufinin www-sivut. Viitattu 28.10.2017. <http://tarufin.fi/>

Törmänen, E. 2014. Betonimurske käyttäytyy kuin pakastemarjat – toimii myös hii-lidioksidivarastona. Tekniikkatalous 13.12.2014. Viitattu 12.11.2017.
<http://www.tekniikkatalous.fi/>

Wuolijoki, J.1972. Koneenelinoppi 2. Keuruu: Otava